PLUVIÔMETRO EXPERIMENTAL PARA LOCALIDADES REMOTAS

Marcos Alexandre MILANESI[1]
Emerson GALVANI[2]

RESUMO

Este artigo aponta para os caminhos do denvolvimento de um pluviômetro experimental para localidades remotas, com ausência de postos oficiais de observação dos elementos do clima e com dificuldade de acesso a veículos normais. O trabalho é parte integrante da dissertação de mestrado (em andamento), intitulada "Efeito Orográfico na Distribuição Pluviométrica da Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP)".

INTRODUÇÃO

Os estudos na área da Climatologia vem contribuindo, de forma cada vez mais intensa, no entendimento das relações dos eventos climáticos com a sociedade. Seja na busca por novos desafios no planejamento dos espaços agrícola, urbano e ambiental, seja na produção do conhecimento próprio deste ramo da Geografia. Conhecer um espaço, seus elementos físicos e humanos, seus modos de produção, é perceber nas relações homem-meio, os efeitos transformadores que a sociedade gera, através de seu trabalho, no lugar em que vive, apropriando-se dos espaços naturais em virtude daqueles geográficos, frutos de sua decisão.

É nesse contexto, o da produção de conhecimento climatológico e o do "olhar" do geógrafo sobre os espaços naturais, que voltamos nossas atenções para a região do litoral norte do Estado de São Paulo. Região caracterizada pelo clima tropical litorâneo, pelo relevo fortemente ondulado da Serra do Mar e onde a cobertura da Floresta Atlântica delineiam o quadro natural regional. Também é nessa região, que após a abertura da BR-101 (rodovia Rio-Santos) e instalação da Petrobrás (TEBAR) no município de São Sebastião, na década de 1970, que intensificou seu processo de urbanização, o que resultou num sensível aumento de sua população e conseqüentemente nas atividades antropizadoras da paisagem, como o desmatamento, a poluição, o turismo, a pressão imobiliária e as desigualdades sociais. Justificativas, essas, mais que adequadas para a existência de uma série de unidades de conservação, como o Parque Estadual da Serra do Mar, que visam a manutenção e preservação de seus ecossistemas, o apoio à pesquisa, lazer ao cidadão e aumento na qualidade de vida.

De acordo com os trabalhos de Conti (1975), Sant'anna Neto (1993) e Milanesi (2004), entre outros autores, identificou-se no entorno da Ilha de São Sebastião o fenômeno atmosférico conhecido como "sombra de chuva" ou a influência do relevo na distribuição espacial da precipitação. A ação preponderante do relevo da ilha, a barlavento das massas de ar predominantes, pressupõem em sua vertente oceânica a formação de precipitação orográfica e consequente ressecamento a sotavento, já na vertente continental.

A rede de postos pluviométricos oficiais é adequada apenas à análise regional do evento, já que conta com poucos postos: (dois) na Ilha de São Sebastião, na vertente continental, o que impossibilita qualquer comparação com a vertente oposta; e outros dispostos nos três municípios (São Sebastião, Caraguatatuba e Ubatuba). Para a investigação que nos

[1] Universidade de São Paulo, mestrando em Climatologia, LCB, maalex@terra.com.br
[2] Professor Doutor do Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia - FFLCH - USP - Av. Prof. Lineu Prestes, 338, São Paulo, egalvani@usp.br

propomos, a percepção do elemento precipitação em sua interação com o relevo da ilha e possível identificação da gênese da chuva orográfica, foi necessário o desenvolvimento de um aparelho acumulador experimental que cumprisse a função do pluviômetro padrão *Ville de Paris*.

O objetivo específico deste trabalho é demonstrar o desenvolvimento, construção e instalação de uma série de pluviômetros não registradores, viáveis economicamente e de alta durabilidade; para que se pudesse verificar e quantificar valores de chuva em localidades remotas, de difícil acesso, onde o período de obtenção dos dados ao longo do tempo seria mensal.

De maneira geral o projeto considerou: os materiais utilizados (resistência ao tempo, mobilidade e agressão ao meio ambiente), capacidade do reservatório, perdas potenciais e informações acerca da pluviometria da região.

ÁREA DE ESTUDO

Localizada em Ilhabela (SP), a Ilha de São Sebastião (a maior do município com 346 km^2), de orientação geral SO-NE, apresenta desníveis de relevo bastante acentuados com altitudes acima dos 1300 m e recobrimento de vegetação de Mata Atlântica, em diversos estágios. Possui 85% de sua área protegida pelo Parque Estadual de Ilhabela (PEIb). As atividades econômicas são baseadas na pesca e no turismo. (figura 1)

Quanto ao uso do solo (influenciado pelo relevo), observa-se na intensa ocupação ao longo da orla, defronte ao canal e ao continente. Na Bacia do Perequê e na Vila, a mancha urbana é concentrada e se dispersa, para o norte e para o sul, alcançando também os primeiros morros até aproximadamente os 200m de altitude, no limite altimétrico do PEIb. Outras áreas de planícies são ocupadas por comunidades remanescentes isoladas, os caiçaras (Praia de Castelhanos, Bonete, Enchovas, citando as maiores). A morraria interior é ocupada pela vegetação.

Única via de ligação terrestre entre o setor urbanizado da ilha e as comunidades caiçaras de leste, a Estrada de Castelhanos corta o trecho central da ilha (sentido O-E), num percursso de aproximadamente 22 km, onde as altitudes variam entre 0 e 700m. Sua maior extensão, encontra-se inserida na área do PEIb, não dispondo de asfaltamento. Também é espaço de trabalho dos “jipeiros” locais que transportam turistas e mantimentos até a Praia de Castelhanos.

A estrada apresenta solo exposto, deslizamentos, afloramentos rochosos, inúmeros lamaçais e declividades superiores a 30%: geo-indicadores da intensa dinâmica erosiva pluvial em quase toda sua de extensão, atualmente permitindo a passagem apenas de veículos especiais.

A análise das séries históricas de precipitação dos postos pluviométricos do DAEE instalados na região do litoral norte paulista apontam para uma variação de 1500 a 2500 mm anuais. Nas cercanias da ilha essa média é de 1800 mm. Os registros marcam também máximos acumulados mensais de chuva em torno dos 800mm no posto Ubatuba, 700mm nos postos Água Branca e Burrifas (centro e sul da ilha) e, até 600mm nos postos Ilhabela (ilha), Caraguatatuba, São Francisco e Maresias. Separadamente analisados, os três postos da ilha, no período de seu funcionamento indica média anual de 1600 mm. Os maiores volumes máximos mensais de chuvas: posto Ilhabela (621,6 mm em janeiro), posto Água Branca (709,4 mm em fevereiro) e posto Burrifas (714 mm em março).

A principal característica climática da ilha é gerada por seu relevo montanhoso: a diferença da umidade relativa do ar em suas vertentes. São dois maciços rochosos: Serraria, a norte e São Sebastião, a sul, separados por um cólo a 690m de altitude - a “Serrinha” (divisor de águas), por onde passa a Estrada de Castelhanos. Dada sua expressão altimétrica, com

destaque para os picos do Baepi, com 1025 m (N), o do Papagaio, com 1307 m (N) e o de São Sebastião, com 1379 m (S), a vertente voltada para o oceano atua como barreira para os fluxos atmosféricos dominantes, úmidos, provenientes do setor SE. Essas correntes de ar na transposição da barreira elevam-se, resfriam e condensam a umidade presente atmosfera local, podendo gerar chuva (orográfica). Do outro lado, na vertente continental, protegido dos fluxos, agora descendentes e mais secos, há o surgimento de uma célula atmosférica local menos úmida.

A instalação dos pluviômetros ao longo da estrada realizou-se em setembro de 2004 (início do ano hidrológico).

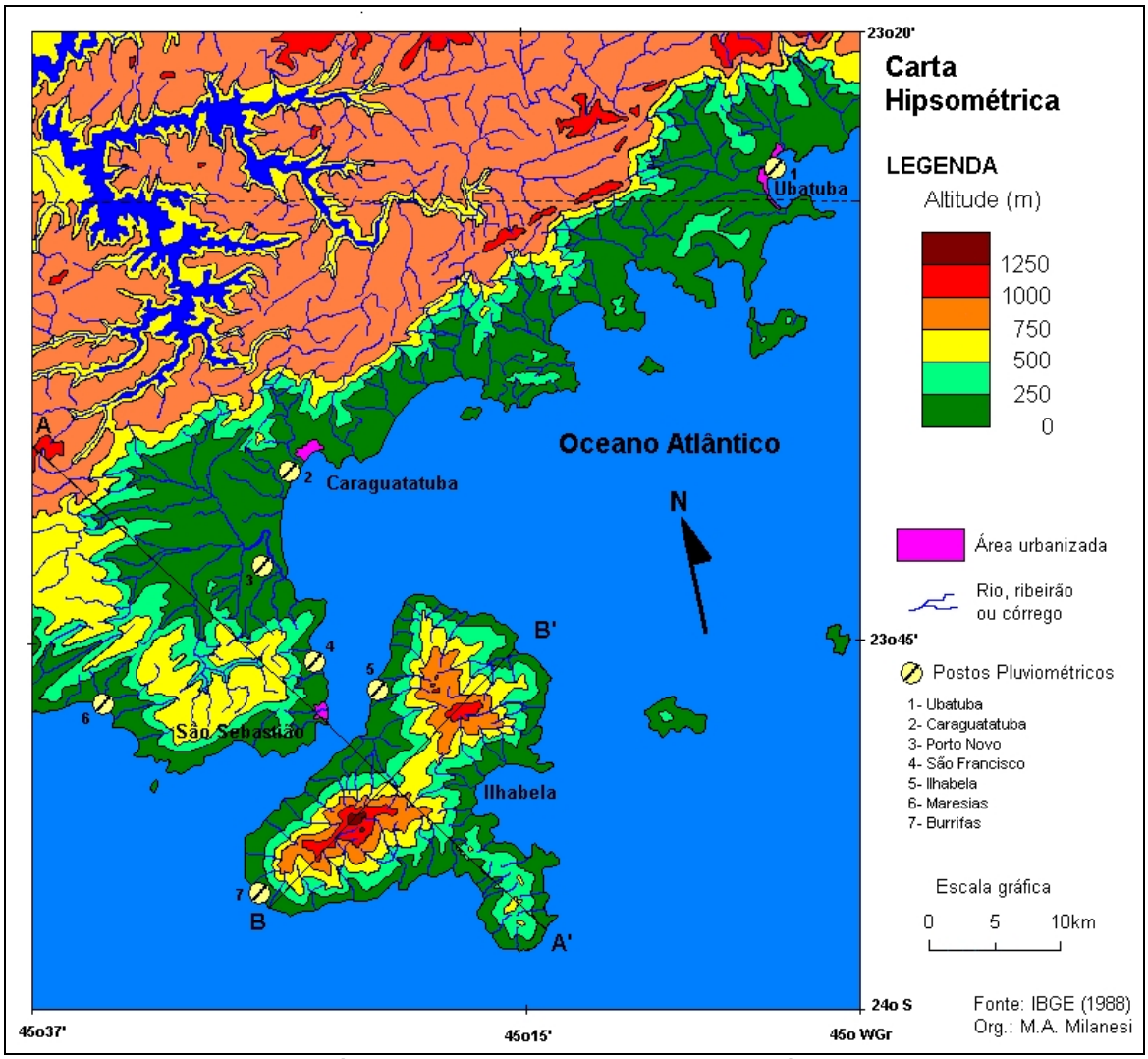

Figura 1: Carta hipsométrica e localização dos postos pluviométricos utilizados do DAEE

MÉTODOS e TÉCNICAS

Os materiais escolhidos para a construção do pluviômetro foram: o PVC (reservatório e tampas superior e inferior), plástico injetado (para o funil de captação), madeira (para suporte do reservatório), além de cola adesiva e abraçadeiras plásticas. A opção por componentes plásticos deu-se à leveza do material: o que facilita seu manuseio; à sua resistência contra choques e às intempéries (sol, chuva, vento e maresia); à durabilidade: vida útil de 50 anos (PVC), além de serem inertes no solo e recicláveis.

Durante a etapa de montagem dos pluviômetros, o problema - chave foi o da capacidade do reservatório, dada a freqüência das observações (mensal). Consideramos dois elementos

na resolução desse problema: o relevo da ilha e a pluviometria regional. O primeiro determinou a opção por capacidades diferentes e o segundo, a capacidade máxima de cada reservatório. Decidiu-se por pluviômetros com capacidades máximas estimadas em 700 mm (maior) e 470 mm (menor), pois apresentam comprimentos de 1,5 m e 1 m, compatíveis de corte com o comprimento padrão do tubo de PVC (3m) fornecido pelo fabricante. Foram construídos dois jogos de pluviômetros, 13 ao todo, sendo 7 de menor capacidade. (figura 2)

Figura 02. Foto do pluviômetro menor e suas dimensões.

A equação utilizada para o cálculo do volume do reservatório foi: $V=\pi.R^2.h$, onde, V é o volume de chuva que se deseja reter, h é a altura do reservatório e R o raio da base do reservatório. Neste caso o volume do reservatório que se apresenta em mililitros (ml) ainda precisa ser convertido em milímetros de chuva (mm) então, partindo do princípio que $1mm=1l/m^2$, o que fazemos é transformar as unidades de medida de volume (de ml para l, dividindo-a por 1000) e da área de captação do funil (de cm^2 para m^2, dividindo-a por 10000), ou segundo a fórmula $mm=(ml/1000)/(\pi.R^2_{funil}/10000)$.

Por serem pluviômetros acumuladores, capazes de registros mensais totais, o sistema de coleta das medidas fez-se através da rotina: desmonte do equipamento, registro da medição, esvaziamento do reservatório e remonte das partes. As medições aconteceram com a quantificação do volume por meio de três frascos medidores (becker) de capacidades diferentes (1000 ml, 250 ml e 50 ml). Para a acurácia da medição, esta rotina deve ser realizada por duas pessoas.

Durante a etapa da escolha do sítio e instalação dos pluviômetros (01/10/2004), procuramos seguir algumas considerações: o DAEE (internet) determina em suas “Recomendações para a instalação de um posto pluviométrico”, o uso do procedimento padrão da WMO (Organização Meteorológica Mundial), para garantia de máxima confiabilidade em ambientes urbanos: “a) o pluviômetro deve ser instalado em local que permita a livre recepção de toda e qualquer precipitação, independente de sua direção ou obliqüidade; b) os obstáculos devem ficar afastados pelo menos a uma distância igual ao dobro de suas próprias alturas; c) deve-se evitar instalá-los em terrenos fortemente inclinados, sobretudo em encostas voltadas para a direção predominante dos ventos; d) a fim de minimizar os

efeitos locais das correntes aéreas, devem ser preferidas posições em que a velocidade dos ventos, ao nível do receptor, seja tão pequena quanto possível, mas sem interposição de obstáculos à sua livre recepção; e) se no local instalado for constatado que as correntes aéreas causam grandes perturbações, recomenda-se a utilização de barreiras protetoras. Estas barreiras poderão ser de vegetação, a uma distância de 3 a 4 metros do aparelho e altura máxima de 1,50 metro, que condicionarão os movimentos das correntes paralelamente ao plano da superfície receptora. Poderá ser empregado, também, qualquer um dos escudos convencionais (Alter, Nipher, Tretyakov, Wild, etc); f) a borda do aro receptor deve estar rigorosamente nivelada a 1,50 metros do solo. O aparelho deverá ser fixado por abraçadeiras próprias a uma estaca-suporte, rigidamente fixada no solo e pintada; g) o acesso ao pluviômetro deve ser possível em qualquer época do ano e, h) deve ser feito um cercado de proteção em volta do aparelho para protegê-lo de animais e de vândalos, com altura máxima de 1,50 metros".

Segundo MOLION & BERNARDO (2002), a precipitação é a variável meteorológica mais importante nos trópicos. A despeito da simplicidade de sua medida, é uma das variáveis mais difíceis de serem observadas com acurácia, uma vez que apresenta erros instrumentais, de exposição e de localização.

Já AYOADE (1996, p. 160), indica que "o volume da chuva captado por um dado pluviômetro em determinado local depende de numerosos fatores, tais como a altura do pluviômetro acima do solo, a velocidade do vento e a taxa de evaporação (...) os pluviômetros têm que estar bem situados, longe de quaisquer obstáculos, como árvore ou paredes, capazes de influenciar o volume de chuva coletado".

Fica claro que, o trajeto da Estrada de Castelhanos dentro dos limites do parque ou em seu trecho urbano, não possibilitou o cumprimento de todas as ressalvas na instalação dos pluviômetros, por isso, a observância das condições topográficas do sítio para a busca de áreas livres próximas foi necessária. Ora em terrenos particulares, ora na beira da estrada, as atividades contaram com o imprescindível auxílio do funcionário do PEIb, seu João, conhecedor da estrada há 25 anos. (tabela 1)

A avaliação do *Sky View Factor* ou Fator de Visão do Céu, nesse sentido, ajuda a estabelecer, conforme a geometria e volume dos objetos próximos ao pluviômetro, ângulos formados por retas procedentes da área de captação do equipamento em direção aos pontos mais altos da vegetação, afloramentos e vertentes, limitando as áreas visíveis da abóbada celeste; exprime uma medida de obstrução do céu, dos elementos condicionantes do volume de chuva a ser captado, assim como do balanço da radiação solar pertinentes àquele sítio.

Tabela 1. Caracterização dos sítios e identificação dos pluviômetros

Posto	Cota (m)	Sítio	Local de instalação
p1	3	planície	particular
p2	170	vertente continental	particular
p3	300	torre de observação	PEIb - trilha
p4	450	vertente continental	PEIb - estrada
p5	600	vertente continental	PEIb - estrada
p6	670	divisor de águas	PEIb - estrada
p7	600	vertente oceânica	PEIb - estrada
p8	460	vertente oceânica	PEIb - estrada
p9	290	vertente oceânica	PEIb - estrada
p10	145	vertente oceânica	PEIb - estrada
p11	5	planície	particular
p12	5	planície	particular
p13	2	planície	particular

Os 13 equipamentos foram dispostos da seguinte forma: p1) nos fundos de um terreno, em área plana e aberta – cumpre com todas as exigências; p2) no quintal de um sítio, ao próximo à casa – cumprimento parcial das exigências; p3) instalado em uma torre de observação de pássaros a aproximadamente 10m do solo – cumprimento parcial; p4) às margens da estrada – cumprimento parcial; p5) às margens da estrada – cumprimento parcial; p6) às margens da estrada, no divisor de águas – cumprimento parcial; p7) afastado da margem da estrada, em meio à vegetação – cumprimento mínimo das exigências; p8) às margens da estrada – cumprimento parcial (desativado por ter sido removido em deslizamento); p9) afastado da margem da estrada, – cumprimento parcial; p10) às margens da estrada – cumprimento parcial (desativado por ter sido furtado); p11) próximo a um matacão, em área plana – cumprimento parcial; p12) no quintal de um sítio, plano, próximo à casa – cumprimento parcial das exigências; e, p13) instalado na área lateral da propiedade – cumprimento e todas as exigências.

Foram previstos então, 12 trabalhos de campo (todo dia 1º de cada mês), compreendendo o período de tempo chamado de ano hidrológico, que se inicia em meados de setembro (primavera) e vai até agosto (inverno). O acompanhamento diário dos boletins meteorológicos especializados foi necessário, pois o evento extremo normalmente não é previsto, onde então o trabalho de campo se faria a cada 15 dias, ou à medida que fosse necessário.

Pensando nos riscos potenciais que o equipamento pudesse sofrer, cremos que os acidentes naturais, com exceção a grandes movimentos de terra, não são preocupantes. Em caso de fragmentação ou queda, a coloração branca dos materiais facilita sua identificação e recolhimento das peças.

RESULTADOS

Após oito trabalhos de campo completados até agora, pode-se com alguma segurança admitir, o êxito da funcionabilidade dos pluviômetros experimentais para localidades remotas.

O projeto foi bem recebido pela direção do Parque Estadual de Ilhabela, que vem prestigiando a pesquisa dispondo da infra – estrutura da sede.

Os materiais utilizados comportam-se até agora, confiáveis. Não apresentaram rachaduras ou ressecamentos. Aqueles vandalizados, foram de reparo fácil.

Os cálculos para a obtenção do tamanho dos pluviômetros parecem ter sido acertados. Vale a pena dizer que os eventos extremos de chuva de março e abril, encheram os reservatórios até quase seu limite máximo, proporcionando uma qualidade razoável às medições.

Os pluviômetros experimentais desenvolvidos têm conseguido detectar e confirmar as diferenças de umidade e precipitação existentes entre as duas vertentes da ilha, além de revelarem características topoclimáticas diversas contribuindo para o conhecimento de mais um espaço natural.

Os dados obtidos confirmam as teorias anteriormente postuladas e são considerados satisfatórios. E, preliminarmente, estão cumprindo com os objetivos estabelecidos.

Ressentí-mo-nos das ações de vandalizmo que sofrem com certa freqüência, compromentendo análises posteriores.

REFERÊNCIAS

http://www.institutodopvc.org

http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/relatorios/pluvpmsp/capitulo02.htm

AYOADE, J.O. - Introdução à Climatologia para os trópicos. Editora Difel. São Paulo. 1996.

ARMANI, G. – Proposta metodológica para trabalho em microclimatologia. IN: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA FÍSICA, 2, USP, São Paulo. **Anais do II SEPEGE**, 2004,CD-ROM.

CONTI, J.B. - Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista. São Paulo, USP,Instituto de Geografia, 1975. 85p. (Série Teses e Monografias, 18).

Galvani, E.; Souza, I. A. – Quantificação em Geografia Física: a questão das unidades de medidas. IN: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA FÍSICA, 2, USP, São Paulo. **Anais do II SEPEGE**, 2004,CD-ROM.

MILANESI, M.A. - O Litoral Norte do Estado de São Paulo e a Ilha de São Sebastião: breve estudo sobre a pluviometria em seus arredores. São Paulo, USP, Departamento de Geografia, 1997 (Trabalho de Graduação Individual)

_____ A ilha de São Sebastião no Estado de São Paulo: estudos pluviométricos. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 6, UFSE, Aracajú. **Anais do VI SBCG**, 2004, CD-ROM.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. - Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, Brasília-DF, v. 17, n.1, 2002, p. 1-10

MONTEIRO, C.A.F. - A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental no Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo, USP, Instituto de Geografia, 1969. 68p. (Série Teses e Monografias, 1).

---------- A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo: estudo geográfico em forma de atlas. São Paulo, USP, Instituto de Geografia, 1973. 129p.

- SANT'ANNA NETO, J.L. - Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista. São Paulo, SP. 168p. Dissertação de mestrado. FFLCH, USP, 1990.